粤港澳大湾区的创新网络与大学角色：网络视角的分析

曾志敏　杨泽森
华南理工大学公共政策研究院　广州　510640

摘　要：[目的/意义] 粤港澳大湾区科教资源丰富，正在向建设国际科技创新中心的目标努力。对大湾区科技创新供给情况进行充分考察，是完善政策举措的第一步。[方法/过程] 基于2012年到2016年间的科技论文和专利数据，本文对粤港澳大湾区地区的知识创新网络（*KIN*）和技术创新网络（*TIN*）进行了可视化和结构分析，同时以华南理工大学为案例，评估内地研究型大学在大湾区区域创新网络中的地位、角色和绩效，探究大学在参与区域创新过程中的难点和问题，并提出针对性的政策建议。[结果/结论]研究表明：（1）粤港澳大湾区知识创新网络结构成熟，总体呈中心—边缘的分布形态；（2）内地高校论文数量领先湾区，但创新网络搭建和引领的能力不足；（3）湾区知识创新前沿趋向新型工科发展，地区间存在明显的梯度效应；（4）高科技企业主导大湾区技术创新网络，广深两地技术合作开发模式不同。

关键词：科技创新　区域创新网络　　粤港澳大湾区
分类号：G311

作者简介：曾志敏（ORCID：0000-0003-3732-7149），华南理工大学公共政策研究院副研究员、院长助理，博士，E-mail：zengzhimin@ipp.org.cn；杨泽森（ORCID：0000-0001-6201-0018），华南理工大学公共政策研究院政策分析师，硕士。

1 引言

2017年3月，李克强总理在政府工作报告中提出建设“粤港澳大湾区城市群”，促进广东九市与港澳的协同发展，推动国家更深层次的经济发展和对外开放。2018年政府工作报告进一步提升粤港澳大湾区的战略定位，把大湾区与“京津冀区域一体化”和“长江经济带”等重大区域战略并列表述，同时淡化初期设定的“城市群”属性，指向更为全面深刻的融合发展思路。当下，以创新驱动大湾区发展作为达成湾区建设目标的核心策略，已成为内地与香港、澳门政府的共同认识。

粤港澳大湾区目前拥有数量众多的研究机构和科技企业，是极富竞争力的创新区域。2017年大湾区分布有7所学术排名世界前300名的大学，占内地及港澳台所有入选高校数量的28%，是一流研究型高校分布最为密集的地区之一[1]。在工程学科领域，华南理工大学（第22名）、香港城市大学（第24名）和香港科技大学（第31名）位列全球学术排名前50强，中山大学和香港城市大学则位于理学学科领域全球前150名[2]。同时，粤港澳大湾区也是高新技术、互联网和制造业企业集中地，其中仅广东省高新技术企业数量便超过2万家，2016年规模以上工业企业的国内技术成交额、国外技术引进额和研发经费支出总量均居全国首位，全省用于研发（R&D）的总经费投入超过2,000亿元，并以年均超过10%的速度增长。2017年中国科学院发布的《中国区域创新能力评价报告》将广东省评为综合创新能力最强的省份，在企业创新、创新环境和创新绩效等评价项目上领跑其他省市[3]。

当下粤港澳大湾区的创新发展处于多重政策机遇期。一方面，前期实施的创新驱动发展战略持续释放政策效应。广东省从2014年起实施创新驱动发展战略，定位全省建设“全面创新改革试验试点省”，而广州市和深圳市则分别瞄准“全面创新改革试验核心区”和“创新型城市”的建设目标，此外，珠三角地区也已经启动建设“自主创新示范区”的工作。另一方面，粤港澳大湾区建设为创新发展提供了新平台。粤港澳大湾区计划建成国际科技创新中心，中央政府以此作为推动大湾区经济发展和社会建设的主抓手。

虽然粤港澳大湾区实现创新发展有着种种利好因素，但与建成国际科技创新中心的目标相比还有不小的差距。与美国加州湾区、纽约湾区，以及日本东京湾区相比，粤港澳大湾区的科技创新能力相对不足，科技创新对地方经济驱动力度不够。因此，如何发挥大湾区的科教优势，加速构建良性运行、稳定产出、真正帮助经济社会实现跨越式发展的区域创新系统，是当下亟待回答的关键问题。本文从粤港澳大湾区创新网络结构入手，探究促进创新的有效途径，以期为政府决策提供有益启示。

2 理论基础

2.1 区域创新网络

区域创新网络（Regional Innovation Network）概念诞生于20世纪90年代初，Freeman[4]和Camagni [5]最早提出其理论原形，其后逐步发展成为创新研究的主流领域之一。根据Cooke的定义，区域创新网络通常是指企业、高校和科研机构、中介组织以及政府等主体通过稳定的正式和非正式联系，在创新过程中分工协作，所形成的地区性组织形态[6-7]。区域创新网络概念与更早期的区域创新系统概念相比，剥离了区域创新系统中的创新文化等环境变量，着重突出创新系统中各主体的互动关系，聚焦具体的创新过程[8]。而本文则在更为狭义的层面使用区域创新网络概念，将其定义为“创新者的网络”（network of inventors），关注微观层次上参与科技创新过程的主体，例如大学、其他公私研究机构和企业，将研究范围限定在区域创新网络的创新供给侧。

随着创新理论的丰富，区域创新网络已经逐渐成为一种成熟的研究范式，除对研究对象做出规定外，还集成了特定的方法论。在区域创新网络中，节点与关系是网络的基本组成要素，而节点与关系的组合状态决定了创新网络的结构特征。企业、公共部门组织、高等院校、科研机构和中介组织作为节点散布于网络中，节点之间围绕创新过程发生联系，人力资源、设备资源、信息、资本、知识、文化、技术等，在网络中循环交换，促进创新的涌现、积累和市场化。通常，区域创新网络包含巨量节点和关系，复杂性科学视角下，这类网络的非线性性和动态性、不可逆性和开放性，以及自组织性和适应性会使创新过程变得更为隐蔽，同时也高效和富有不确定性[9]。

区域创新网络研究一个隐含的理论预期是，网络结构会影响个体创新绩效和网络整体

绩效，政策制定者可以据此针对性地调整创新网络结构，改进创新管理政策。就网络整体结构来说，创新网络社群具有演化进步的特点，原生型网络一开始呈离散的碎片化，其后逐步变化为中心—轮轴结构，再过渡为多中心的小世界网络，最后发展为最复杂的中心—外围结构，4个阶段依次排列组成创新社群演化的理想过程[10]，复杂化的网络结构意味着网络密度高、节点间的平均路径长度短，这有利于知识传播，能够促进网络中个体间的相互学习，从而提升整体层次的创新绩效[11]。另一方面，网络局部结构也可能影响个体创新绩效。例如，个体之间的直接关联与间接关联数量、结构洞[12]、关系互惠性[13]，以及强关系和双层网络结构[14]等。

相较于国外，国内对区域创新网络的经验研究还处于起步阶段。目前理论研究部分集中于创新网络中的知识流动、学习过程、协同和演化等[15-17]，政策研究关注创新网络绩效评估及其指标体系构建等[18]。以中国城市群和珠三角地区创新网络为对象的研究中，周灿等[19]对长三角城市群创新网络可视化指出，跨界企业间网络是该地区技术创新的主要途径。谢伟伟等[20]则研究认为，长三角城市的绿色创新网络结构还不够合理，城市间创新联系较少。陈雄辉等[21]评估了广东21个地市创新网络结构，认为各市创新能力发展不均衡，没有形成聚集效应。此外，王鹏和王艳艳[22]还分析了内地与香港的创新合作网络，强调相似的人才结构和关键研究机构是搭建跨域网络的关键因素。总的来看，目前国内区域创新网络的经验研究稍显不足，同时以政策研究为导向的、关注粤港澳大湾区/珠三角地区区域创新网络具体形态的分析还未出现。

2.2 大学与区域创新网络

高等教育机构是区域创新网络中的核心主体，大学建设及其知识创新行为对区域创新具有直接的正向效应[23]。关于大学影响区域创新的具体机制，学术界有两种主流分析模型，分别是参与型大学理论和“政商学三螺旋”模型。在参与型大学理论的经典论述里Youtie和Shapira[24]区分了创新网络中大学角色演化的三种形态，提出现代大学实际上在承担区域“创新中心”（Innovation Hub）的角色，这种角色超越了知识聚集地、知识工厂这两种传统形态，强调主动把有关创新的隐性知识渗透到本地。在向第三种大学形态转变的过程中，大学的“网络化”行为最为重要，这要求大学鼓励跨界知识交流，一方面突破内部学术部门的边界，另一方面突破与其他创新者之间的外部边界，尤其要增强与本地社区的联系，形成创新文化[25]。“政商学三螺旋”模型则认为，大学参与区域创新主要依靠与政府和企业缔结循环性的交叉关系，类似于三重螺旋共进结构。三者共建科学园区、孵化器设施，设置研究项目和投资项目，大学在其中保持“学术企业家”的身份认知[26]。总体来看，两个模型分别侧重创新过程里的知识生产和知识转移阶段，同时对大学的市场行为有不同程度的预期，但都强调了大学主动搭建创新网络的重要性。

对创新网络的实证研究表明，大学在搭建创新网络的过程中，其角色可以概括为“守门人”“联通者”和“领导者”3种。从知识流动的角度看，大学与网络外创新者接触较多，能获取更多异质性信息，而当大学对本地创新网络的嵌入程度较深时，可以促进异质性信息输入本地网络，从而为创新涌现提供条件，在这个意义上，大学是区域创新网络的守门人（Gatekeeper），对信息流有筛选把关的作用，有利于网络信息质量提升和多元化[27]。另一方面，由于教育是大学最基本的功能，人才围绕大学产生高速流动，因此大学处于人才流动形成的网络中心，当人才本地化程度较高时，大学能够把分离的网络部分通过非正式关系连接起来，起到网络“联通者”的作用。研究者发现，斯坦福大学的研究生本地就业是促成硅谷创新网络提前联结的因素之一，而麻省理工学院由于多数学生毕业即离开，延迟了波士顿地区创新网络的联结时间[28]。最后，大学还可以作为创新网络的“领导者”出现，在一些后发地区和研究型大学数量较少的地区，这种现象十分明显。通过深化对本地创新环境的参与[24]，或者直接以校办企业的形式介入市场[29]，大学能够直接引导区域创新网络延伸扩展。

3 数据与方法

如前所述，网络分析方法是区域创新网络结构形态研究的主流方法。本文计划使用网络分析方法对过去5年粤港澳大湾区科技创新网络进行全景式描绘，弥补既往研究偏重定性方法所带来的“只见树木不见森林”的不足。同时，以华南理工大学的创新网络参与行为为案例，将网络个体与宏观网络结构联系起来，以求对研究问题做较为充分的回答。之

所以选择华南理工大学为案例，主要是因为华南理工大学是粤港澳大湾区高校中工程技术领域学术表现最好的研究机构（见上文），同时该校也是新阶段大湾区科技创新的潜在引领机构之一。

为便于分析，本文将区域创新网络（RIN）分为知识创新网络（KIN）和技术创新网络（TIN）两个部分。KIN 和 TIN 网络分别侧重于创新的不同阶段，是创新链条的上下游。前者能更好表现出区域内原始创新和理论性创新的状态，后者则更有利于呈现应用性更强和开发程度较高的创新的发展情况（见图 1）。数据获取上，本文用于构建知识创新网络（KIN）的样本数据来自于 Web of Science 核心数据库。Web of Science 是全球最大、覆盖学科最全的科技论文检索数据库，是否被其收录是学术界用于科研成果评价的重要依据由于工程技术是研究开发（R&D）活动最主要的领域，也是研究机构与工商业界创新联系密度最高的领域，因此工程技术对本地科技创新网络有很强的表征性。鉴于此，本文系统抓取了 2012 年到 2016 年间 Web of Science 数据库中工程学科领域（Engineering）内发表的所有科技论文信息，并将作者地址严格限定于粤港澳大湾区 11 座城市，共计获得 45,594 份论文样本。基于这些样本数据，随后构造了一个包含论文题目、摘要、关键词、作者信息、机构信息、学科信息的数据库。与知识创新网络数据相似，本文抓取了 2012 年至 2016 年 Web of Science 上的粤港澳大湾区专利数据，同时从国家知识产权局专利数据库抓取部分信息作校对和补充，作为构建湾区技术创新网络（TIN）的基础。其中，仅保留了技术发明专利，数据中不包含外观和实用新型专利信息。联系到知识创新网络的分析中选择工程技术领域论文为数据，因此 KIN 与 TIN 之间有很好的联系性。

使用网络分析方法需要首先将传统属性数据转化为关系数据，关系数据由样本属性共现的方法生成。本文将区域创新网络操作化为基于论文作者隶属机构或者专利持有人所属机构的合作网络（affiliation network），以及基于学科属性的学科网络（fields network）（见图 1）。也就是说，以机构合作网络为例，在最后形成的网络图谱中，节点表示参与区域创新网络的研究机构和企事业单位，两个节点之间如果存在连线，则表示两个机构之间存在论文合作或专利共同持有的情况，连线的权重则具体表示他们的合作数量/强度。

对生成的合作网络和学科网络，图谱可视化和网络计量指标（如网络中心性）等分析手段，有助于我们了解网络整体结构和节点在网络中的地位，为研究问题的解答提供经验基础。在下文中我们将综合使用这两种方法。

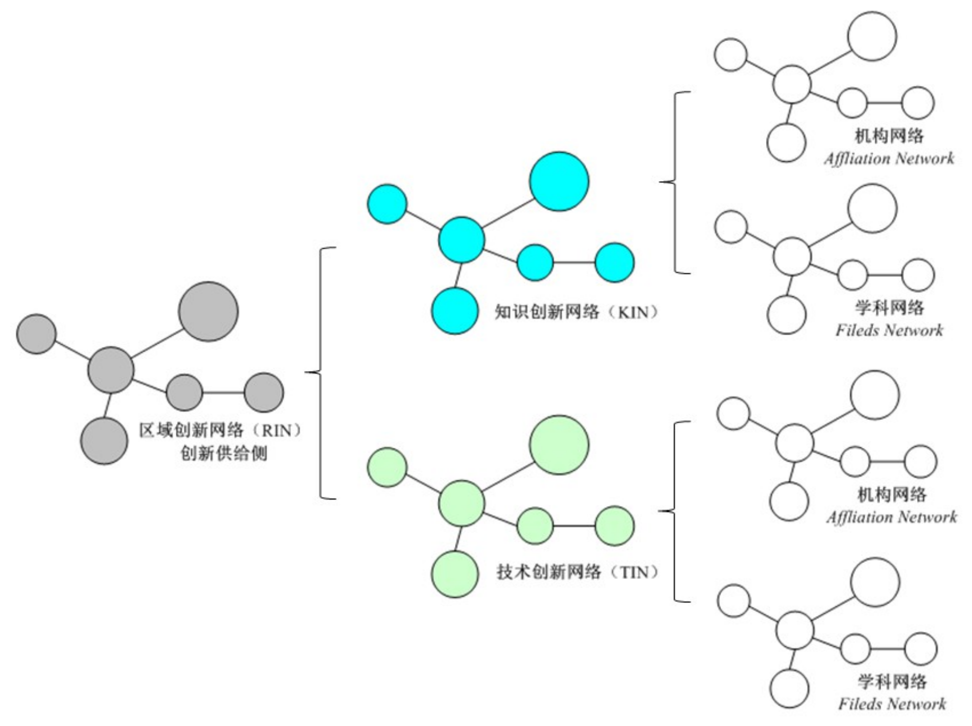


图 1 区域创新网络的内容

Figure 1 The framework of regional innovation network

4 主要发现

4.1 粤港澳大湾区知识创新网络总体呈现中心—边缘的分布结构

图2展示了知识创新网络（KIN）的机构网络的图谱结构，其中圆形节点代表机构（黄色节点为华南理工大学），如果节点之间存在连线，则表明相连机构之间存在论文合著。可以看出，网络整体呈现中心—边缘分布的特征，内地顶尖高校和研究机构与香港各所大学处于网络较为中心的位置，例如中国科学院、北京大学、同济大学、香港大学和香港理工大学等。这意味着这些机构与其他研究单位的联系最为多样，对网络个体的覆盖度相对较高。与处于网络中心的机构相比，网络外围机构在知识传播和接受知识溢出上存在劣势特别是隐性知识的传播更可能因此受阻。在网络演化理论看来，中心—边缘形态的创新网络具有结构成熟、可持续等特点，是社群演化的高级形态[10]。由此可见，粤港澳大湾区知识创新网络已经达到较高的发展水平，工程技术领域的学术创新格局已初步确定。统计网络中各机构的国别信息发现，湾区工程科技论文中只有约5.3%为国际合作论文，也就是说粤港澳大湾区各机构更加倾向于选择本地或者国内机构开展合作，较少与其他国家创新团体合作，这一方面说明湾区本地科技创新资源丰富，可以满足跨机构合作的需求，另一方面也反映出湾区创新网络总体外向性不足的问题。

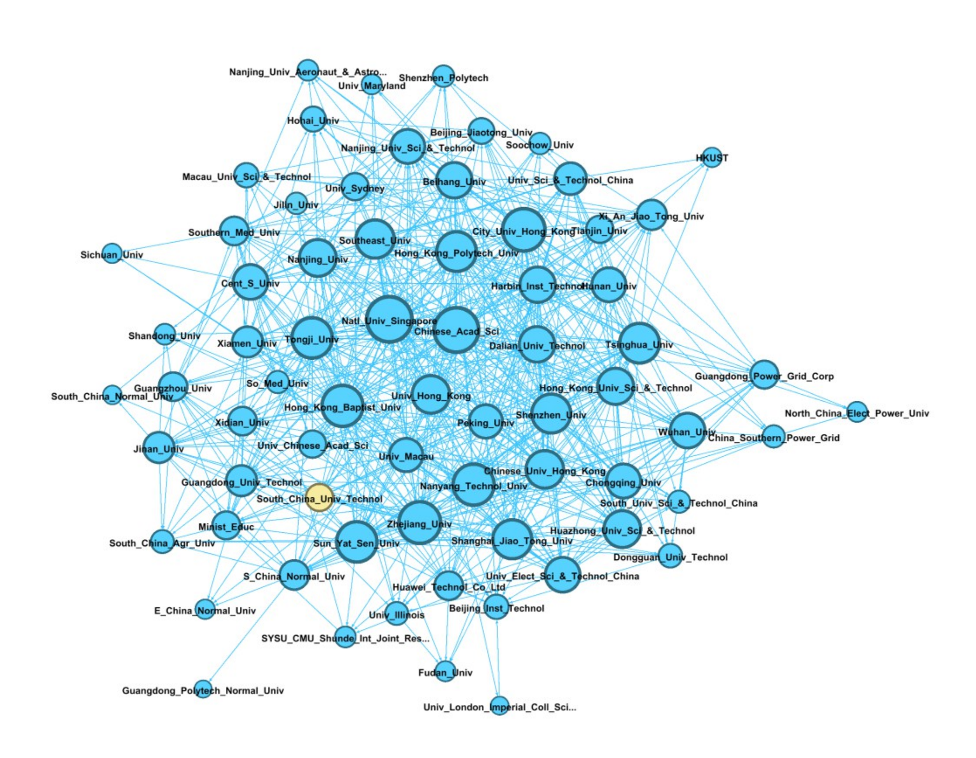


图 2　粤港澳大湾区工程学科SCI论文机构合作网络图（2012—2016）

Figure 2　Institution cooperation network in engineering(2012-2016)

4.2 内地高校论文数量领先湾区，但创新网络搭建和引领能力不足

将机构网络结构和其中各节点的绩效结合来看，部分机构创新绩效和其网络地位之间并不匹配。华南理工大学的工程学科SCI论文数量排名粤港澳大湾区首位，但其在机构网络并不处于网络中心位置。以度数中心度测算各节点的网络中心程度，华南理工大学节点得分仅为0.01，远远落后于中国科学院（0.09）、香港大学（0.06）和香港城市大学（0.06）等研究机构。绘制度数中心度与SCI论文发表数量的散点图（如图3），可以看出，机构论文发表数量与其网络中心程度之间呈一定程度的正相关关系，但华南理工大学却作为离群点和其他样本值相差较多。网络中心度极低但个体绩效却极高，这暗示华南理

工大学在湾区知识创新网络中嵌入度不足，网络搭建和引导能力不够。理论上来看，这一方面会阻碍华南理工大学向网络其他成员扩散其知识成果，另一方面也不利于创新网络的进一步整合。为了更直观地呈现华南理工大学与其他大学在网络中所处网络结构的差异，本文选取华南师范大学、华南理工大学、香港城市大学和中国科学院的合作网络绘制个体网图谱（见图 4）。图谱比较的结果显示，在合作密度上，华南理工大学远低于后两所位于网络中心的高校，同时其合作密度仅比位于网络边缘的华南师范大学稍复杂一些。

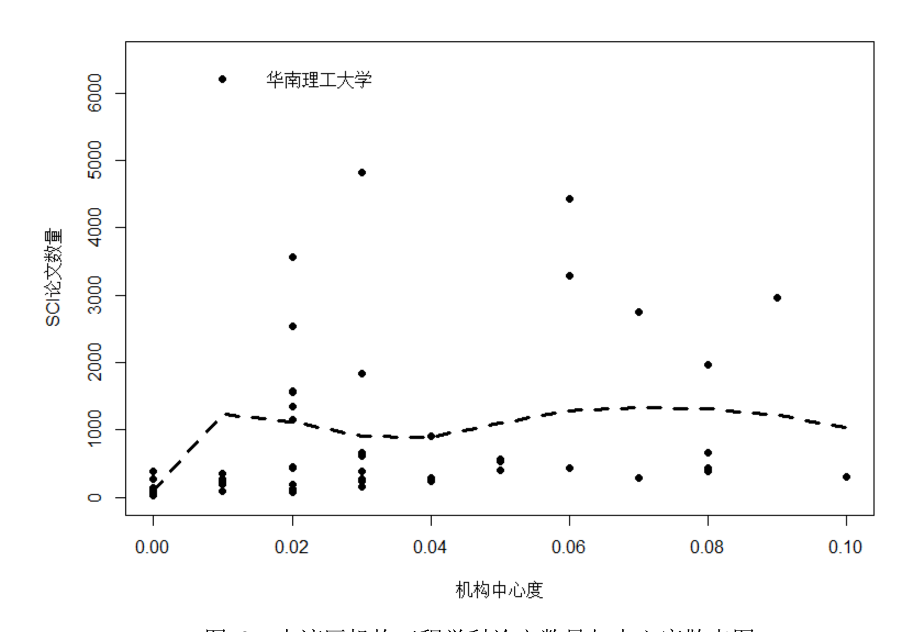


图 3 大湾区机构工程学科论文数量与中心度散点图

Figure 3 The number of SCI journal articles and institutional centrality in GHMGBA

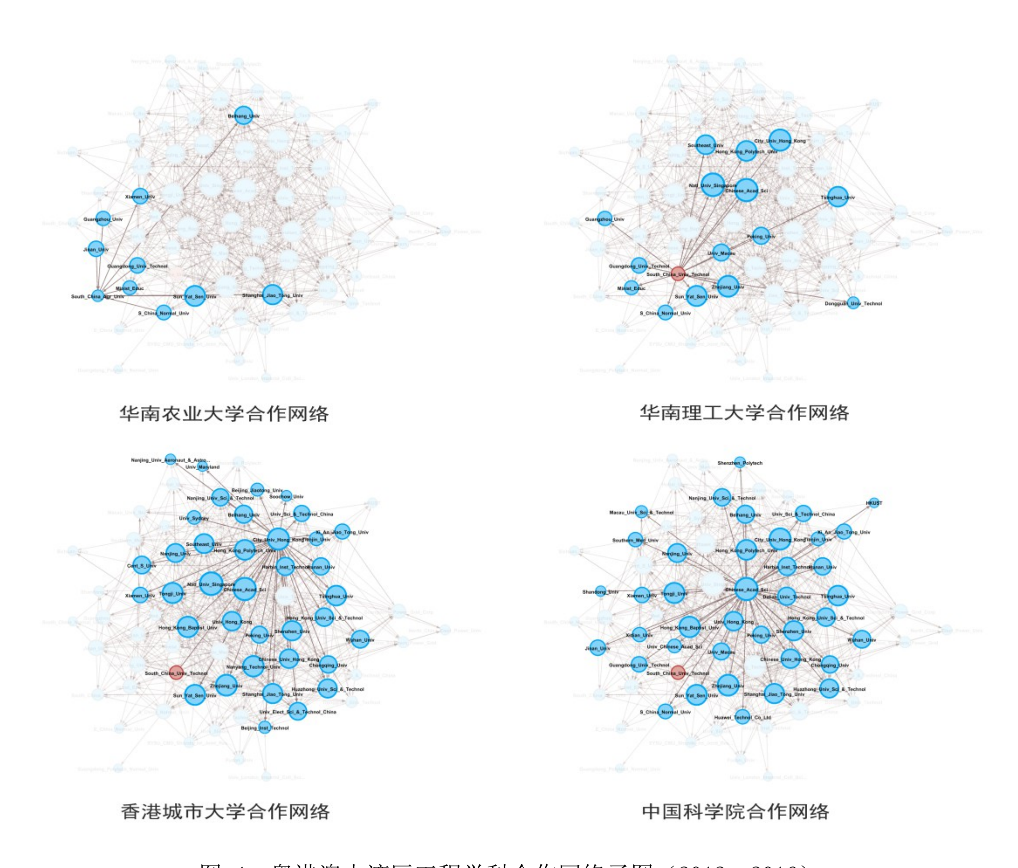


图 4　粤港澳大湾区工程学科合作网络子图（2012—2016）

Figure 4　Cooperation network of four institutions in engineering (2012-2016)

4.3 工程领域知识创新向新型化、智能化发展，地区间梯度效应明显

知识创新网络的学科网络图显示（见图 5），大湾区目前的主流工程学科包括计算机科学、材料科学、通信工程、自动化与控制系统以及能源与动力工程等。与机构网络的中心—边缘结构不同，学科网络呈现近似中心—轮轴形态，网络密度不高，学科交叉发生频率较低。随后挑选计算机领域科技论文进行进一步分析，发现计算机领域的机构成员与工程学科机构网络成员有明显的变化。香港城市大学、深圳大学城、香港中文大学、香港理工大学和中国科学院位列大湾区计算机领域高产机构的前 5 名。与华南理工大学在工程学科极强的综合表现不同，该校只位列计算机科学领域第 6 名（见表 1）。与计算机科学领域一样，其他新型工科领域（如智能制造）也出现了类似现象。以上结果显示出，区域创新网络内前沿学科的发展在不同地区正在形成梯度分化。香港和深圳地区在新型工程领域进展迅速，而广州则继续维持传统工程领域的创新优势。区域创新网络中出现了较为明显的城市间分工趋势。当然，这与大湾区内部各地产业结构和市场状况密切相关，符合创新网络地理邻近性理论的预期。

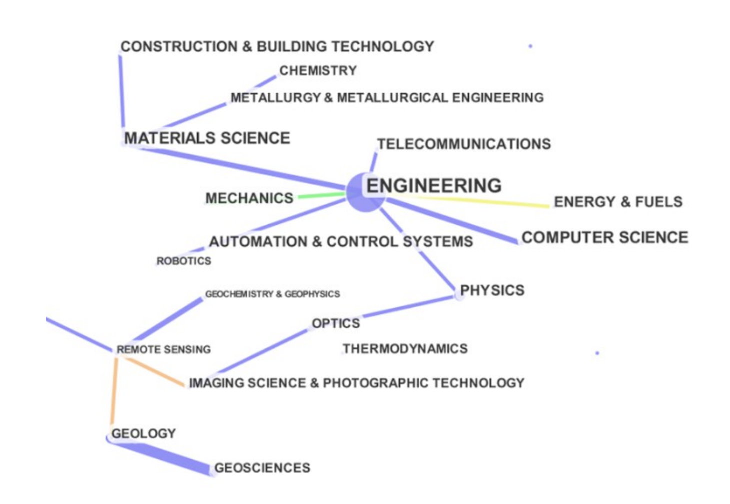


图 5 大湾区工程学科研究领域网络结构图

Figure 5 Discipline network in engineering

表 1 知识创新网络机构成员信息统计

Table 1 Institution members in KIN

工程学科 SCI 论文发表情况			计算机学科 SCI 论文发表情况		
机构名称	论文数	网络中心度	机构名称	文章数	百分比
华南理工大学	6216	0.01	香港城市大学	2379	11.607
香港理工大学	4817	0.03	深圳大学城	2220	10.831
香港城市大学	4435	0.06	香港中文大学	2168	10.578
香港科技大学	3568	0.02	香港理工大学	1940	9.465
香港大学	3296	0.06	中国科学院	1723	8.407
中国科学院	2971	0.09	华南理工大学	1709	8.338
中山大学	2750	0.07	香港科技大学	1630	7.953
香港中文大学	2532	0.02	中山大学	1560	7.611
清华大学	1964	0.08	香港大学	1241	6.055
深圳大学	1831	0.03	清华大学	1094	5.338

4.4 高科技企业主导技术创新网络，广深技术合作开发模式不同

通过可视化技术创新网络，我们发现较少出现多机构共同持有专利的情况，技术创新网络的机构图谱呈现出极为破碎的形态（由于篇幅所限，无法报告可视化结果）。这与研究者使用欧洲数据的发现基本一致[30-31]。由于网络图谱分析价值较低，本文使用技术创新网络的描述性统计结果作为分析依据（见表 2 和表 3）。从专利持有情况看，粤港澳大湾区发明专利持有量前 10 的机构，多为深圳和珠海的私营科技企业，集中分布在通信、电器和计算机行业。公立研究机构中，华南理工大学进入专利持有量前 10 位，同时其也为唯一一家广州机构。以上说明私营企业目前是大湾区的技术创新主力，且技术创新有地区集中趋势。进而对与华南理工大学共同持有技术专利的机构进行统计，发现其中广州本地国有企业占比最高（企业集中在能源和装备行业），这意味着华南理工大学的技术共同开发活动以学校—国企合作模式为主，与深圳市的私营企业主导开发模式构成了鲜明的区别。与知识创新的分析结果类似，华南理工大学的专利申请领域集中在化学工程和材料科学等学科（见表 4），符合自身学科优势，但与大湾区技术创新的智能化发展方向契合度不高。

表 2 湾区专利申请机构分布统计

Table 2 Institution members in TIN

机构名称	数量	机构名称	数量
华为技术有限公司	6,701	宇龙计算机通信（深圳）有限公司	1,574
中兴通讯股份有限公司	5,280	广东工业大学	1,465
广东欧珀移动通信有限公司	4,259	中山大学	1,344

珠海格力电器股份有限公司	3,752	鸿海精密工业股份有限公司	1,228
华南理工大学	3,328	维沃移动通信有限公司	1,124
美的集团股份有限公司	2,694	深圳大学城	1,016
腾讯科技（深圳）有限公司	2,691	中国科学院深圳先进技术研究院	938
中国科学院	2,403	海洋王照明科技股份有限公司	920
努比亚技术有限公司	1,829	鸿富锦精密工业（深圳）有限公司	752
深圳市华星光电技术有限公司	1,778	深圳大学	548

表 3　华南理工大学专利合作机构分布统计

Table 3　Institutions collaborating with SCUT in TIN

专利合作机构名称	专利合作量	百分比（%）
南方电网科学研究院	130	1.124
广州华新科实业有限公司	91	0.787
广东电力集团	62	0.536
中国南方电网有限责任公司电网技术研究中心	51	0.441
广东电力研究院	45	0.389
广州供电局	34	0.294
广州新视界光电科技有限公司	33	0.285
中国南方电网公司	25	0.216
东莞市石龙富华电子有限公司	24	0.208
嘉宝莉化学集团有限公司	21	0.182

表 4　华南理工大学专利申请学科分布

Table 4　Discipline distribution of patents authored by SCUT

频数	中心度	Derwent 专利分类号	德温特专利类别	频数	中心度	Derwent 专利分类	德温特专利类别
241	0.23	A08-S02	化工溶剂	89	0.06	A10-E01	化学改性[一般]
174	0.12	T01-J10B2	图像分析与处理	83	0.03	T01-F04	程序控制
172	0.15	A11-A03	涂层成型及处理	81	0.04	U24-H	低功率系统
112	0.03	A10-D	缩聚反应	79	0.03	T01-J07B	制造机械的计算机控制和质量控制
100	0.02	W01-A06C4	无线电通信	79	0.1	D04-A01P1	化学方法
99	0.03	T01-N01D	数据传输	75	0.07	S01-H09	电器仪表
93	0.07	T01-J04A	方程计算	75	0.05	A12-V01	药品
92	0.01	T01-J05B4P	数据库应用	75	0.04	A03-A00A	多糖化合物应用
91	0.07	E11-W	环境友好发明（组合/应用）	68	0.07	T01-J07D1	车载微处理器系统
90	0.04	L03-H05	车辆载具	68	0.02	D04-A01J	生物法净水

5 结论与政策建议

本文对粤港澳大湾区知识创新网络和技术创新网络进行了初步分析，结果表明，粤港澳大湾区具有较为成熟的知识创新网络结构，同时创新网络的本地化程度较高，创新资源较为丰富。但同时，粤港澳大湾区知识创新网络也存在缺乏领导性研究机构、网络的内部整合性不强等问题。粤港澳大湾区的技术创新网络以私营高科技企业为主导，正在形成依

托深港的前沿技术聚集区，广州与深圳相比，技术合作创新模式仍较为传统，一定程度上限制了本地技术创新活力，不利于对前沿技术的探索开发。总的来看，粤港澳创新网络供给侧结构成熟，建设国际创新中心的基础良好，未来应保持政策支持和资源投入，继续提升区域创新竞争力。

把知识创新网络与技术创新网络的发现结合来看，粤港澳大湾区整体上呈现了一种繁荣的创新状态，但同时也存在内部危机。其中，最为明显的是传统创新方式与现代创新方式之间存在的张力，具体表现为内地教育和研究机构"逆网络化"的创新行为。例如作为工程领域发文规模最大和技术发明专利最多的华南理工大学，一方面与外部机构合作较少，另一方面主要与国有企业开展技术合作，也即一方面维持较少的网络交往，另一方面倾向于和自己有制度亲和性的组织发生关联。这些行为与现代创新网络的要求相背离，不利于原创性和根本性创新的出现。华南理工大学并非个案，其反映的问题在内地教育和研究机构中具有一定普遍性。作为最主要的创新供给主体，大学应该转变"逆网络化"趋势，主动拥抱其他创新主体和市场主体，成为搭建区域创新网络的主力。基于以上结论，本文提出以下政策建议：一、应进一步加大粤港澳大湾区的科技开放力度。鼓励湾区内地高校与国外学术机构建立稳定长期的合作关系，简化内地高校学术交流审批程序，开辟高端外籍科技人才引进绿色通道，加大对国际合作办学的政策支持力度，努力将内地优秀高校培养为区域创新网络的守门人。二、应鼓励湾区有条件的内地高校扩大在湾区内部的科创合作范围。一方面加快内地与港澳高等教育资源共享共建进程，另一方面为内地和港澳科技人才建立统一的劳动力市场，促进三地人才流动。支持有条件的内地高校或香港高校成为粤港澳区域创新网络的领导性研究机构，优化湾区科技创新网络治理结构。三、在做好城市创新分工的前提下，应鼓励广州、珠海、佛山等城市布局技术创新的前沿领域。建议以粤港澳大湾区建设国际创新中心为契机，协调湾区各地市修订科技发展规划，布局技术创新前沿，形成技术创新的聚集优势。四、完善内地大学技术合作与技术转移政策，引导大学与私营企业联合创新，畅通技术转化渠道。制定完善知识产权相关法律法规，允许科研人员灵活开展市场行为，保护创新收益。

参考文献：

1[] Shanghai Ranking Consultancy. Academic ranking of world universities 2017[EB/OL]. [2018-03-15]. http://www.shanghairanking.com/ARWU2017.
2[] Shanghai Ranking Consultancy. Academic ranking of world universities in fields 2016[EB/OL]. [2018-03-15]. http://www.shanghairanking.com/FieldSCI2016.
3[] 中国科技发展战略研究小组, 中国科学院大学中国创新创业管理研究中心. 中国区域创新能力评价报告 2017 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2017: 3.
4[] FREEMAN C. Networks of innovators: a synthesis of research issues[J]. Research Policy, 1991, 20(5): 499-514.
5[] CAMAGNI R. Innovation networks: spatial perspectives[M]. London: Belhaven Press, 1991: viii, 247.
6[] COOKE P. Regional innovation systems: competitive regulation in the new Europe[J]. Geoforum, 1992, 23(3): 365-382.
7[] COOKE P, URANGA M G, ETXEBARRIA G. Regional systems of innovation: an evolutionary perspective [J]. Environment & Planning A, 1998, 30(9): 1563-1584.
8[] 盖文启. 创新网络：区域经济发展新思维[M]. 北京：北京大学出版社, 2002: 48-49.
9[] 韩志丽. 基于复杂性科学观的区域创新网络研究[J]. 经济问题, 2006 (9): 11-13.
10[] KREBS V, HOLLEY J. Building sustainable communities through network building[EB/OL]. [2018-03-12]. http://www.orgnet.com/BuildingNetworks.pdf.
11[] POWELL W W, KOPUT K W, SMITHDOERR L. Inter-organizational collaboration and the locus of learning in biotechnology[J]. Administrative Science Quarterly, 1996, 41(1):116-145.
12[] AHUJA G. Collaboration networks, structural holes, and innovation: a longitudinal study[J]. Administrative Science Quarterly, 2000, 45(3): 425-455.
13[] COWAN R, JONARD N, ZIMMERMANN J B. Bilateral collaboration and the emergence of innovation networks[J]. Management Science, 2007, 53(7): 1051-1067.
14[] CAPALDO A. Network structure and innovation: the leveraging of a dual network as a distinctive relational capability[J]. Strategic Management Journal, 2007, 28(6): 585-608.
15[] 王子龙, 谭清美. 区域创新网络知识溢出效应研究[J]. 科学管理研究, 2004 (5): 87-90.
[16] 李俊华, 王耀德, 程月明. 区域创新网络中协同创新的运行机理研究[J]. 科技进步与对策, 2012 (13): 32-36.
[17] 张红宇, 蒋玉石, 杨力. 区域创新网络中的交互学习与信任演化研究[J]. 管理世界, 2016(3): 170-171.
[18] 庞瑞芝, 李鹏, 李爽. 区域技术创新网络绩效评价:基于长三角、环渤海技术创新网络的三层次分析[J]. 产业经济研究, 2013(1): 70-78.
[19] 周灿, 曾刚, 宓泽锋. 区域创新网络模式研究：以长三角城市群为例[J]. 地理科学进展, 2017(7): 795-805.
[20] 谢伟伟, 邓宏兵, 刘欢. 绿色发展视角下长三角城市群城市创新网络结构特征研究[J]. 科技进步与对策, 2017 (17): 52-59.
[21] 陈雄辉, 张本祥, 徐毅. 基于复杂网络理论的广东区域创新能力测度方法研究[J]. 科技进步与对策, 2010(20): 121-124.
[22] 王鹏, 王艳艳. 共生网络视角下的跨区域创新合作研究：以内地与香港环境科技创新合作为例[J]. 产经评论, 2015 (4): 118-132.
[23] COWAN R, ZINOVYEVA N. University effects on regional innovation[J]. Research Policy, 2013, 42(3): 788-800.
[24] YOUTIE J, SHAPIRA P. Building an innovation hub: a case study of the rransformation of university roles in regional technological and economic development[J]. Research Policy, 2008, 37(8): 1188-1204.
[25] GUNASEKARA C. Reframing the role of universities in the development of regional innovation systems[J]. The Journal of Technology Transfer, 2006, 31(1): 101-113.
[26] ETZKOWITZ H, WEBSTER A, GEBHARDT C, et al. The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm[J]. Research Policy, 2000, 29(2): 313-330.
[27] GRAF H. Gatekeepers in regional networks of innovators[J]. Cambridge Journal of Economics, 2010, 35(1): 173-198.
[28] FLEMING L, FRENKEN K. The evolution of inventor networks in the Silicon Valley and Boston regions[J]. Advances in Complex Systems, 2007, 10(1): 53-71.
[29] CHEN K, KENNEY M. Universities/research institutes and regional innovation systems: the cases of Beijing and Shenzhen[J]. World Development, 2007, 35(6): 1056-1074.
[30] GIURI P, MARIANI M. Everything you always wanted to know about inventors (but never asked): evidence form the PatVal-EU survey[J]. Social Science Electronic Publishing, 2006, 17(4):789-808.
[31] HAGEDOORN J. Sharing Intellectual property rights: an exploratory study of joint patenting amongst companies[J]. Industrial and Corporate Change, 2003, 12(5): 1035-1050.

作者贡献说明：

曾志敏：负责思路设计与论文撰写；
杨泽森：负责数据分析与论文撰写。

Innovation Network and University Role in Guangdong-Hong Kong-Macau Greater Bay Area: A Network Analysis

Zeng Zhimin Yang Zesen
Institute of Public Policy, South China University of Technology, Guangzhou 510640

Abstract: [Purpose/significance] Guangdong-Hong Kong-Macau Greater Bay Area (GHMGBA) has abundant scientific and educational resources, and it is striving to build a global sci-tech innovation center as part of its key objectives. A thorough investigation into the development of scientific and technological innovations in GHMGBA is the first step toward better policy making. [Method/process] Based on the scientific papers and patents from 2012 to 2016, this paper provides a structural and visualized analysis of the knowledge and innovation networks in GHMGBA. Taking South China University of Technology (SCUT) as an example, this paper evaluates the status, the roles and the performance of mainland research universities in GHMGBA. And it explores the difficulties and problems of universities in participating in regional innovation, and puts forward specific policy suggestions. [Result/conclusion] The results are as follows: 1) the structure of the knowledge innovation network (KIN) is mature in GHMGBA with the core-periphery pattern in general; 2) the amount of literature published by mainland universities is ahead that in GHMGBA, yet they lag behind in innovation networks construction and network leadership; 3) knowledge innovation in GHMGBA is heading for Emerging Engineering with remarkable gradient effects among regions; 4) high-tech enterprises play a dominant role in TIN, and Guangzhou and Shenzhen vary in technical cooperation.
Keywords: technology innovation regional innovation network GHMGBA

收稿日期：2018-03-21 修回日期：2018-04-07 本文责任编辑：吕青